

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

на диссертацию Морозова Алексея Николаевича «Сейсмичность западного сектора Российской Арктики и прилегающих территорий за инструментальный период наблюдений» по специальности 1.6.9. Геофизика на соискание ученой степени доктора технических наук

### **Актуальность исследований. Объект и предмет исследований.**

Диссертационная работа Алексея Николаевича Морозова посвящена созданию и развитию научно обоснованного инструментария, позволяющего с высокой степенью достоверности определять координаты и глубину гипоцентра, а также магнитуду землетрясений, и его применению для создания уточненных унифицированных каталогов землетрясений западного сектора Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) за весь инструментальный период сейсмологических наблюдений. Объектом диссертационного исследования являются непосредственно сейсмические события, зарегистрированные в рассматриваемом регионе.

Известно, что основополагающим этапом исследований, направленных на построение адекватных оценок сейсмической опасности и проведение сейсмического районирования, является подготовка наиболее полного, представительного и достоверного каталога землетрясений рассматриваемой территории. Необходимо отметить, что, например, каталог землетрясений, используемый при создании карт Общего сейсмического районирования (ОСР) Российской Федерации, продолжает вызывать в широких научных кругах очень много вопросов, особенно в части сейсмических событий, произошедших до 60-х годов XX века. Сказанное подчеркивает исключительную важность и актуальность проведенного диссертационного исследования, в котором на базе разработанных алгоритмических подходов и решений уточнены параметры целого ряда арктических землетрясений, произошедших за более, чем 100-летний период инструментальных наблюдений. Заметим, что в случае «региональных настроек» сформированная диссертантом совокупность подходов и решений может быть использована в многочисленных регионах России, сопредельных

странах и других государствах.

### **Научная новизна.**

К числу наиболее значимых научных результатов, полученных в диссертационной работе, следует отнести:

- Совокупность решений, алгоритмов и подходов, позволяющих проводить уточнение основных параметров землетрясений, произошедших в западном секторе Арктической зоны Российской Федерации.
- Комбинированная скоростная модель западного сектора Российской Арктики, состоящая из 11 региональных моделей.
- Корреляционные связи между магнитудами разных типов, что дает возможность унифицировать магнитудную шкалу для арктических землетрясений.
- Наиболее полный уточнённый каталог землетрясений Арктики первого двадцатилетия XX века.
- Уточнённый и унифицированный каталог землетрясений западного сектора АЗРФ за период более 100 лет.

Диссертационная работа Алексея Николаевича Морозова состоит из введения, шести глав, заключения, списка используемой литературы и трех приложений. Она содержит 286 страниц машинописного текста и включает в себя 71 рисунок, 35 таблиц и список литературы из 380 наименований.

Во **введении** диссертантом дана общая характеристика работы, обоснована ее актуальность, приведены цель и задачи исследования, сформулированы защищаемые положения, научная новизна и практическая значимость, перечислены многочисленные исходные материалы и методы исследования, дана информация о публикациях по теме диссертации и конференциях, на которых были представлены результаты работы.

В **первой главе** приведен наиболее полный и актуальный обзор истории сейсмологических исследований Арктики за весь период инструментальных наблюдений, охватывающий уже более 120 лет. Обзор выполнен на весьма

высоком научном уровне и содержит исчерпывающий перечень литературных источников и других материалов. Диссертантом рассмотрены как периоды становления и развития инструментальных наблюдений севернее Полярного Круга, так и в хронологическом порядке перечислены этапы изучения арктических землетрясений и оценки их параметров, исследования сейсмоактивных зон, подготовки каталогов землетрясений, проведения сейсмологических экспедиционных наблюдений и др. Особое внимание в обзоре уделено западному сектору АЗРФ, на изучение сейсмичности которого направлено диссертационное исследование. Следует отметить глубину проработанности диссертантом литературных источников. Так, например, обзор содержит информацию (включая название, код, координаты, даты открытия и закрытия и др.) обо всех арктических сейсмических станциях и сейсмических группах, когда-либо функционирующих севернее Полярного Круга.

В завершении обзора диссертант четко указывает на причины необходимости обобщения и уточнения основных параметров арктических землетрясений.

Во **второй главе** А.Н. Морозовым изложена теоретическая часть диссертационного исследования. Здесь подробно описана созданная и выносимая на защиту совокупность инструментальных данных, алгоритмов локации землетрясений и уточнения их основных параметров, региональных скоростных моделей, уточненных и унифицированных магнитудных шкал и других авторских решений, совместно или по отдельности позволяющих для западного сектора Арктической зоны Российской Федерации эффективно и с существенной степенью достоверности определять базовые характеристики современных землетрясений и уточнять их для событий, произошедших в начале XX века. Из предложенной диссертантом совокупности методов и решений необходимо отдельно отметить следующие ее компоненты:

- Вероятностный подход к локации и оценке магнитуды землетрясений, основанный на одновременном использовании инструментальных и макросейсмических данных. В последнее время информация о макросейсмических эффектах все чаще используется исследователями для

построения более надежных и точных оценок параметров исторических землетрясений. Предложенное А.Н. Морозовым комплексирование инструментальных данных и макросейсмической информации является новым инструментом для изучения землетрясений раннего инструментального периода, для которых имеются данные только с одной или двух сейсмических станций.

- Авторские региональные скоростные одномерные модели, которые в совокупности с другими моделями составляют созданную и верифицированную в рамках диссертационного исследования комбинированную (из 11 одномерных горизонтально-слоистых моделей) скоростную модель западного сектора Российской Арктики.
- Построенные корреляционные связи между магнитудами разных типов.
- Сформированная база данных, содержащая, в том числе, уникальную информацию из бюллетеней сейсмических станций первой половины XX века и сведения об их аппаратуре.

Материалы и выводы **второй главы обосновывают первое и второе защищаемые** положения.

**Третья глава** посвящена применению сформулированной во второй главе совокупности методов и решений для уточнения параметров арктических землетрясений, произошедших в первые годы инструментальных наблюдений, а именно 1904–1920 гг. В различных литературных источниках, анализируемых и цитируемых диссертантом, имеется информация о 25 землетрясениях за рассматриваемый период. А.Н. Морозов уточнил основные параметры 18 из них. Здесь обращает на себя внимание рисунок 3.1.2, который демонстрирует, что для получения описанных в главе результатов диссертантом найдены, проанализированы и использованы бюллетени порядка сотни сейсмических станций, функционировавших более века тому назад. Следует отдельно отметить, что диссертационная работа позволила А.Н. Морозову вернуть из числа «забытых» четыре землетрясения, произошедших в начале XX века. При этом для трех из них в диссертации уточнены параметры. Важный практический результат

имеет уточнение координат гипоцентра события 13 апреля 1912 г. Так, показано, что это событие произошло существенно севернее архипелага Северная Земля, к пределам которого его ранее относили разные авторы, что, вероятно, отразилось и на оценках сейсмической опасности архипелага.

В **четвертой главе** сформированная диссертантом совокупность решений используется уже для уточнения параметров землетрясений в западном секторе Арктической зоны Российской Федерации за весь период инструментальных наблюдений. Здесь Алексей Николаевич рассмотрел более полутора сотен сейсмических событий, известных из различных литературных источников. По итогам уточнения их параметров сформирован унифицированный каталог землетрясений региона, содержащий 125 событий за период 1904–2020 гг. Следует отметить, что из числа не вошедших в сформированный каталог 19 землетрясений были вынесены за границы рассматриваемого региона по итогам уточнения координат их эпицентров. Последнее может отразиться на оценках сейсмической опасности западного сектора Российской Арктики и прилегающих к нему территорий. В дополнение выполнен анализ сейсмичности отдельных районов изучаемого региона с особым вниманием к зоне перехода «континент – океан».

Интересным и практически значимым результатом является выявленное диссертантом в западном секторе АЗРФ несоответствие между ЛДФ-моделями карт ОСР-97 и ОСР-2016 и широко распространенными в литературе зонами ВОЗ с реальной сейсмичностью, отраженной в уточненном унифицированном каталоге землетрясений. А.Н. Морозовым сформулированы рекомендации для их приведения в соответствие друг другу. Возможно, учет последних позволит в будущем уточнить оценки сейсмической опасности региона.

Материалы и выводы **третьей и четвертой глав обосновывают третье защищаемое** положение.

В **пятой главе** выявлены пространственно-временные закономерности проявления современной слабой сейсмичности и роевых последовательностей в пределах срединно-океанического хребта Гаккеля. Диссертантом сформулировано предположение, что рои землетрясений, расположенные в

пределах восточно-вулканического сегмента хребта, могут указывать на наличие вулканических структур, не выявленных ранее по геолого-геофизическим и геоморфологическим данным. Отмечается наличие признаков 5-летнего периода активизации роевых последовательностей.

Материалы и выводы **пятой главы обосновывают четвертое защищаемое** положение.

В **шестой главе** на базе многочисленных литературных источников, включая работы самого диссертанта, рассматривается сейсмичность севера Восточно-Европейской платформы (ВЕП). Путем использования всего доступного комплекса исходных данных (каталоги, бюллетени и др.) на основе выносимой на защиту совокупности методов, алгоритмов и решений А.Н. Морозовым определены (уточнены) параметры гипоцентров землетрясений. Тем самым им создан единый уточненный каталог сейсмических событий приарктических территорий ВЕП (2004–2018 гг.) и уточнены основные параметры землетрясений, произошедших на севере Русской плиты за инструментальный период наблюдений.

Материалы и выводы **шестой главы являются дополнением к обосновываю первого, второго и третьего защищаемых** положений.

В **заключении** кратко приведены основные результаты диссертационной работы.

В **трех приложениях** представлен сформированный и используемый диссертантом сводный бюллетень раннеинструментальных арктических землетрясений, а также подготовленные и уточненные в рамках диссертационного исследования каталоги.

**Общие замечания** к диссертационной работе:

- Диссертантом создан сводный электронный архив, содержащий бюллетени сейсмических станций, функционировавших в первой половине XX в., сведения об их аппаратуре, а также сводные бюллетени и каталоги землетрясений начала XX в. Однако, в тексте диссертации не указано, в каком виде существует этот архив, выложен ли он в открытый доступ и имеется ли возможность использования его

сторонними исследователями.

- Из описания метода вероятностной локации землетрясений на основе совместного использования инструментальных и макросейсмических данных остается не до конца понятным, как выбирается тестируемая область, в пределах которой предполагается расположение эпицентра.
- Из описания созданной диссертантом комбинированной скоростной модели остается не до конца ясным, как осуществляется выбор используемых при локации сейсмических событий региональных моделей, входящих в комбинированную. Из карты-схемы, приведенной на рисунке 2.3.5, для некоторых частей рассматриваемого региона не ясно, к какой одномерной скоростной модели (из входящих в комбинированную модель) он относится.
- В главах 3–6 с помощью сформированной диссертантом совокупности решений определены или уточнены основные параметры для нескольких сотен сейсмических событий. Очевидно, что не представляется возможным для каждого из них дать подробную информацию о том, какие составляющие совокупности были применены. Однако было бы полезным и весьма информативным для читателя, если в тексте диссертации была приведена некоторая статистика применения того или иного инструмента из составляющих выносимую на защиту совокупность. Например, сколько раз использован метод вероятностной локации землетрясений.
- На некоторых рисунках при наличии географической сетки на осях отсутствуют подписи градусов.
- В тексте диссертационной работы присутствуют опечатки, в том числе в ссылках на литературу и рисунки.

Текст диссертационной работы указывает, что она написана А.Н. Морозовым самостоятельно. Выносимые на защиту научные положения свидетельствуют о его личном вкладе в область исследований. Автореферат

диссертации достаточно полно освещает все полученные автором результаты.

По теме диссертационной работы А.Н. Морозовым опубликовано 28 научных публикаций в изданиях, индексируемых в международных библиографических базах Web of Science, Scopus и Russian Science Citation Index, а также входящих в список ВАК РФ. Все публикации в необходимой мере отражают результаты диссертационного исследования, которые прошли апробацию на целом ряде крупных российских и международных представительных конференций.

Необходимо отметить, что по теме диссертационной работы А.Н. Морозов являлся руководителем двух грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук, двух молодёжных грантов Уральского отделения Российской академии наук и проекта Российского фонда фундаментальных исследований, а также ответственным исполнителем целого ряда тем государственных заданий и грантов, поддержанных российскими и иностранными научными фондами.

### **Выводы.**

Диссертация Морозова Алексея Николаевича «Сейсмичность западного сектора Российской Арктики и прилегающих территорий за инструментальный период наблюдений» является завершённым научно-квалификационным исследованием и содержит решение задачи создания совокупности решений, методов и алгоритмов, позволяющей в западном секторе Арктической зоны Российской Федерации и на прилегающих к ней территориях проводить определение основных параметров современных землетрясений и уточнять их для событий, произошедших за весь инструментальный период наблюдений.

Диссертация соответствует всем критериям, установленным п. 9 Положения о присуждении учёных степеней (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842) для учёной степени доктора наук, а её автор Алексей Николаевич Морозов достоин присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 1.6.9. Геофизика.



Я, Дзедобев Борис Аркадьевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент


доктор физико-математических наук,

заместитель директора по науке, главный научный сотрудник, заведующий

лабораторией геофизических данных Федерального государственного

бюджетного учреждения науки Геофизического центра Российской академии

наук (ГЦ РАН)



Борис Аркадьевич Дзедобев

119296, г. Москва, ул. Молодежная, д. 3 (ГЦ РАН),

тел.: +7 (495) 930-05-46,

e-mail: b.dzeboev@gcras.ru

23 апреля 2024 года

Подпись Бориса Аркадьевича Дзедобева заверяю:

Ученый секретарь Геофизического центра Российской академии наук,

к.ф.-м.н.



Р.И. Красноперов